

кому втомлені, скаргах на головні болі, загальну слабкість, болі в області серця тощо. У окремих осіб при тривалому опроміненні з'являються судими, спостерігається зниження пам'яті, відзначаються трофічні вивища (випадання волосся, ламкість нігтів тощо).

Таким чином, вивчення шкідливого впливу ЕМП на організм людини, його систематизація дасть змогу розробити комплекс ефективних заходів і засобів як працюючих, так і забезпечити необхідний рівень безпеки життєдіяльності людини в житловій сфері.

Список джерел

1. Korzeniowski L.F. Serikov Y.A. EUROPEJSKI WYMIAR SECURITOLOGII. Kraków : EAS, 2011. – 244 s.
2. Серіков Я.О. Безпека життєдіяльності / Навч. посібник для студентів ВНЗ. Х.: ІОЦ ХНАМГ, 2005. – 298 с.
3. Серіков Я.О., Коженевські Л. Ф. Безпека життєдіяльності – секюрітологія. Проблеми, завдання, шляхи вирішення. Монографія. Харків - Краків: 2012. Ч. 1 – 170 с., Ч. 2 – 332 с.

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРАВЛЕНОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Д. С. Шимук, к.т.н.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова, 61002, Україна, м. Харків, вул. Революції, 12
Email: shimukds@yandex.ru*

Постановка проблеми. Умовою розробки ефективних релейних захистів є чітке розуміння їх функціонування в умовах широкого діапазону зміни параметрів мережі живлення, навантаження, можливих пошкоджень об'єкту, що захищається. Досягнення такого розуміння забезпечується абстрактним представленням процесів, що відбуваються в реальному об'єкті у вигляді адекватної та наочної математичної моделі. Тому вважається актуальним розробка відповідних комп'ютерних моделей, що забезпечують можливість аналізу процесів як в об'єкті, що захищається, так і в пристроях релейного захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] автори надають інформацію про розробку сучасних систем релейного захисту на основі Simulink, що входить до пакету програм MATLAB.

За допомогою спеціалізованої системи RTDS [2] (Real-Time Digital Simulator), за думкою авторів, можливо моделювати електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси в реальному часі. Режим жорсткого реального часу дає змогу задіяти в процесі розробки не тільки віртуальні моделі, але й реальні пристрої контролю, захисту та

управління. На спеціалізованому ресурсі обговорюється [3] програма Multisim. Характерно, що при моделюванні в Multisim уникають моделювання пристроїв, що містять багатофазні двохомоткові трансформатори та гальванічні розв'язані контури. В статті [4], автор коротко описує модернізацію поляризованого реле, а саме, описує оптимізацію повітряного зазору для забезпечення необхідної швидкості спрацювання і підбір жорсткості і переднатягу утримуючої пружини. Моделювання відбувалося у програму ANSYS Maxwell 3D, Simplorer.

В [5] наводяться основи застосування програми Multisim як зручного засобу для моделювання електричних схем.

Метою доповіді є опис імітаційної моделі спрямованого релейного захисту паралельних ліній, що дозволяє наочно спостерігати за процесами, що відбуваються в елементах схеми при різних видах і місцях виникнення коротких замикань та проведення аналізу функціонування захисту.

Побудова моделі реле на основі Multisim викладено в роботі [6]. Там же наведені результати дослідження характеристик моделі та порівняння її характеристик з результатами випробувань реального реле типу РБМ171/1. В даній роботі використана удосконалена модель (рисунк 1), в якій на виході помножувача (A7) з метою усунення впливу гармонійної складової миттєвої потужності встановлено паралельний резонансний фільтр-пробку (L22, C2).

Модель реле напрямку потужності виконана наступним чином.

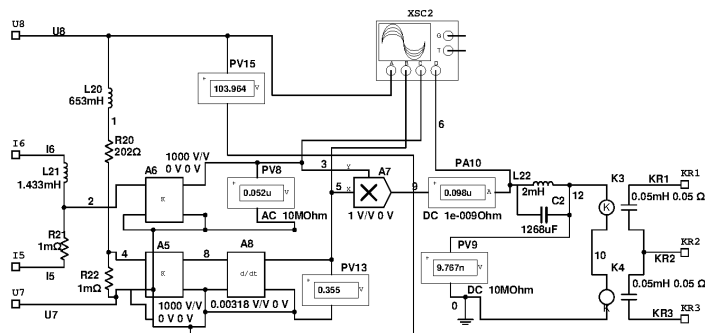


Рисунок 1 – Модель реле напрямку потужності

Напруга від вимірювального трансформатора напруги подається на затискачі U8, U7 віртуального реле (рисунк 1), а сигнал, що імітує вторинний струм від трансформатора струму – на клеми I5, I6. Факт спрацювання реле полягає в замиканні контакту реле K3 або K4 в залежності від рівня і напрямку активної потужності.

Поданий сигнал напруги на клему U8 проходить через елементи, що імітують індуктивний L20 та активний R20 опір обмотки напруги реле. На шунтуючому резисторі R22 має місце падіння напруги, що пропорційне струму в цій обмотці. Врахування реальних значень струму здійснюється шляхом збільшення сигналу, за допомогою використання підсилювача напруги A5. Потім сигнал, що надходить до диференціюючої ланки A8, на виході якої напруга дорівнює похідній за часом від вхідної напруги. Описаний вихідний сигнал напруги надходить на один з входів множника A7, а саме на вхід X.

На клему I5 подається сигнал струму, який проходить через котушку індуктивності L21, яка імітує індуктивний опір обмотки струму. Далі надходить на шунтуючий резистор R21, на якому відбувається падіння напруги, пропорційне струму в обмотці струму. Наступним кроком є збільшення сигналу струму у підсилюючій ланці A6, після чого даний сигнал надходить на вхід множника Y.

Обертальний момент $M_{вр}$, що діє на ротор реле визначається виразом:

$$M_{вр} = k_1 \cdot I_n \cdot I_p \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

де k_1 – постійний коефіцієнт для даної конструкції реле; I_n – струм в обмотці напруги; I_p – струм, який підводиться до реле; φ – фазовий кут між векторами потоків Φ_m та Φ_n .

Реалізація виразу (1) здійснюється множником A7. На виході A7 має місце сигнал миттєвої потужності, який, у загальному випадку, містить у своєму складі постійну складову, що пропорційна активній потужності (корисний сигнал), та гармонійну складову подвоєної частоти, амплітуда якої пропорційна реактивній потужності (завада). Гармонійна складова причиняє помилкове спрацювання вихідних реле K3, K4, тому для її усунення застосовано паралельний резонансний фільтр L22, C2 з резонансною частотою 100 Гц. Імітація різних видів коротких замикань в лініях здійснюється замиканням вимикачів S1, S2 (див. рисунок 2). На рисунок 2 наведені результати моделювання процесів в лінії в сталому режимі при відсутності пошкоджень.

Імітація різних видів коротких замикань в лініях здійснюється замиканням вимикачів S1, S2 (див. рисунок 2). На рисунок 2 наведені результати моделювання процесів в лінії в сталому режимі при відсутності пошкоджень.

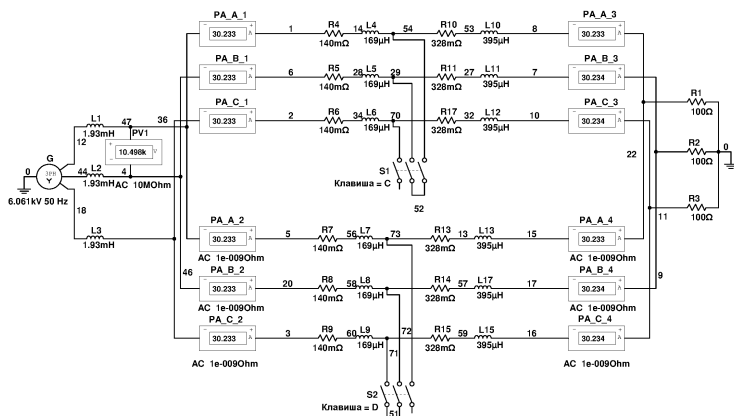


Рисунок 2 – Модель паралельних ліній

На рисунку 3 наведено модель для режиму двофазного короткого замикання фаз A, B в лінії W1. Такий режим створено шляхом комутації вимикача S2. За показами приладів можна наочно впевнитись, що має місце різке зростання струму в пошкоджених фазах, з'явився перекіс напруг в первинних і, відповідно, у вторинних колах трансформаторів напруги як з боку живлення, так і з боку навантаження. Особливу цікавість представляє значення різниць вторинних струмів однойменних фаз ліній. Наведені дані в цілому адекватно відображають процеси в лініях при даному виді пошкоджень

В залежності від фазового зсуву ϕ між струмами обмоток напруги та струму і діючих значень I_H та I_P значення і напрямки дії обертаючого моменту змінюється відповідно до (1). В свою чергу, в залежності від напрямку (позитивного чи негативного знаку активної потужності) відбувається спрацювання на замикання реле K3 (при позитивному знаку), або K4 (при негативному знаку активної потужності). Факт спрацювання реле в той чи інший бік може бути зафіксовано за допомогою додаткових елементів індикації, що містяться в бібліотеці компонентів Multisim.

Модель паралельних ліній у програмі Multisim зображена на рисунку 2. Вона являє собою дві паралельні трифазні лінії з однобічним живленням. Лінії мають однакові складові активного та індуктивного опору кожної фази, живляться від трифазного генератора G та передають енергію до симетричного активного навантаження R1, R2, R3. Для можливості реалізації K3 на різному віддаленні від джерела живлення активний та індуктивний опори фаз лінії представлено у вигляді двох резисторів та двох індуктивностей, сумарне значення яких імітує повний опір за довжиною лінії. При зміні параметрів цих компонентів в їх налаштуваннях можна змінювати місце K3. На кожній фазі ліній вста-

новлені амперметри, як на початку лінії, так і в кінці. Це зроблено для того, щоб надалі контролювати величини струмів, що протікають по фазах.

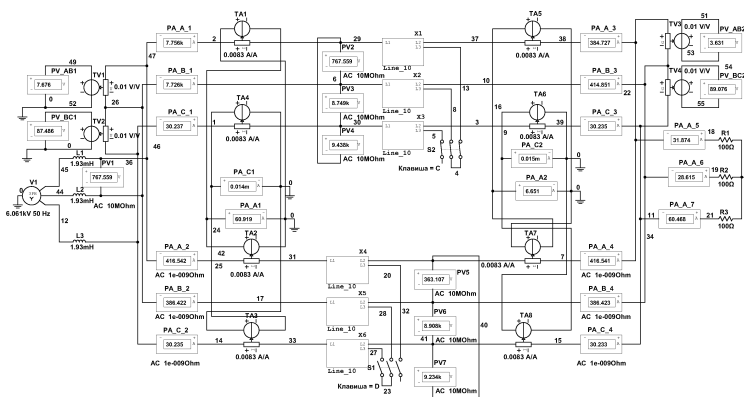


Рисунок 3 – Струми і напруги в паралельних лініях при двофазному короткому замиканні фаз А,В на лінії W1

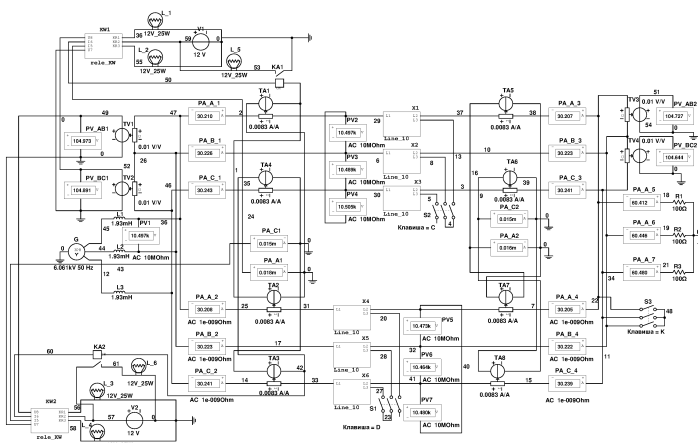


Рисунок 4 – Модель мережі з двох паралельних ліній із встановленим напрямним поперечним струмовим захистом з боку живлення

На рисунку 4 наведено модель мережі згідно рисунку 3 з додатково встановленими субблоками KW1, KW2 реле напрямку потужності (маркування виводів на рисунку 5 відповідає маркуванню виводів на рисунку 1). При цьому додатково до вихідних клем KR1-KR3 кожного з реле KW1, KW2 підключені елементи індикації з відповідними джерелами оперативного постійного струму. Наявна можливість оглядки

моделі шляхом доступу до внутрішнього змісту моделей реле напрямку потужності шляхом звертання до відповідного модуля.

Висновки:

1. Розроблено імітаційну субблочну модель функціонування реле напрямку потужності з відстроюванням впливу гармонійної складової миттєвої потужності на вихідний сигнал.

2. Побудовано на базі програми Multisim модель паралельних ліній з однобічним живленням, яка дозволяє вивчати взаємозв'язок процесів в мережі як при нормальному режиму функціонування, так і при можливих пошкодженнях на різній віддаленості від джерела живлення.

4. Модель дозволяє вивчати процеси в аналогічних колах при зміні параметрів мережі в широкому діапазоні і може бути використана в навчальному процесі і при проведенні передпроектних досліджень при розробці і вдосконаленні релейних захистів.

Список посилань:

1. Ершов Ю.А. Моделирование устройств релейной защиты в среде MATLAB 2011. 148 с. Электронный ресурс. Режим доступа <https://www.palmarium-publishing.ru/> 20.05.13.

2. Решение задач релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем. Электронный ресурс. Режим доступа 20.05.13 <http://www.vniir.ru/rtds/abs-vniir-raschety.pdf>.

3. Форум. Электронный ресурс. Режим доступа <http://www.forum.softweb.ru/showthread.php?t=28636>

4. Моделирование поляризованного реле Алексей Клявлин. Электронный ресурс. Режим доступа http://www.cae-expert.ru/sites/default/files/modelirovanie_polyarizovannogo_rele.pdf.

5. Программа схемотехнического моделирования Multisim. Кирина М., Фомина К. Электронный ресурс. Режим доступа http://ikit.edu.sfu-kras.ru/CP_Electronics/pages/soft/multisim/manual.pdf

6. Шимук Д.С., Ажель А.А. Моделирование реле направления мощности на ПК. / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. №6 (112). 2013 С. 66-71.

АКТИВНІ ФІЛЬТРИ ГАРМОНІК

Є. С. Бесяк, магістрант, О. А. Якунін, інженер каф. ЕМ

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 61002, Україна, м Харків, вул. Революції 52

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій. В побуті та в промисловості широко використовуються електронні пристрої, які в силу принципу своєї роботи споживають несинусоїдальний струм, який можна розкласти в ряд синусоїдальних гармонік. Наявність гармонік в електричній мережі може порушити роботу обладнання, наприклад, створити перевантаження в нульовому робочому